

開水路浮遊砂流における濃度分布特性について(1)

京都大学防災研究所 正員 今本 博 健
 京都大学防災研究所 正員 大年 邦 雄
 京都大学大学院 学生員 西 園 恵 次

1. はじめに

開水路浮遊砂流における水深方向の濃度分布に関しては、従来から理論的および実験的に検討されてきており、その特性はかなり明らかにされている。水深方向（ y 方向）の浮遊砂濃度分布式として提案されているもののうち、代表的なものとしては Rouse 式、Lane-Kalinske 式および Zagustin 式が挙げられるが、それらは次のように表示される。

$$\text{Rouse 式: } \frac{C}{C_a} = \left(\frac{H-y}{\beta} \frac{a}{H-a} \right)^2, \text{ Lane-Kalinske 式: } \frac{C}{C_a} = \exp(-6Z \frac{y-a}{H}), \text{ Zagustin 式: } \frac{C}{C_a} = \exp[-2(\phi - \phi_a)]$$

ここに、 $Z = \frac{v_0}{\beta K U_*}$ 、 v_0 : 粒子の沈降速度、 β : 比例定数、 K : カルマン定数、 U_* : 摩擦速度、 H : 水深

$$\phi = \frac{1}{2} \ln \frac{\{(1-\eta)^{1/2} + 1\} \{(1-\eta)^{1/2} - 1\}^2}{\{(1-\eta)^{1/2} - 1\} \{(1-\eta)^{1/2} + 1\}^2} - \sqrt{3} \tan^{-1} \frac{\{3(1-\eta)\}^{1/2}}{\eta}, \quad \eta = y/H, \quad \phi_a = \phi|_{y=a}, \quad C_a = C|_{y=a} \quad \text{である。}$$

これら3式のうち、Lane-Kalinske 式に比し Rouse 式および Zagustin 式の適合性が高く、また、本来一様砂を対象として誘導された分布式ではあるが、混合砂に対しても拡張して適用できることなどが知られており¹⁾、著者らの実験によっても同様なことが確認されている。また、実測濃度分布に対する Rouse 式および Zagustin 式の適合性は同程度であるが、式形の簡便性という観点からは Rouse 式の方が優れており、多くの場合、Rouse 式が使用されている。

本報告は、以上のような前提をふまえた上で、従来あまり注目されなかった2次流と浮遊砂濃度分布との関係について基礎的な実験的検討を加えたものである。なお、浮遊砂としては珪砂7号（平均粒径 $d_m = 0.0152 \text{ cm}$ 、比重 $\gamma = 2.65$ 、沈降速度 $v_0 = 1.86 \text{ cm/sec}$ ）が用いられている。また、実験の水理条件は表-1に示されている。

2. 2次流と浮遊砂濃度分布との関係

図-1は清水流および浮遊砂流において計測された平均速度の横断方向分布を示したものである。計測は相対水深が0.2, 0.3, 0.5および0.7の高さで行われている。粗面上の流水を対象としているため、各相対水深において、浮遊砂流の速度が清水流の速度よりも大きくなる傾向を示すとともに横断方向に波状の分布を呈していることから、2次流の効果が波及していることがわかる。

図-2は浮遊砂濃度の横断方向分布を示したものであり、計測点は図-1における計測点と一致している。上述の速度の場合と同様に、濃度も横断方向に波状の分布を示し、波の山および谷の位置がどの相対水深においてもほぼ一定である傾向が認められる。また、変動量に注目すれば、路床

表-1

Run No.	Q (l/sec)	H (cm)	I _b	k _s (cm)	C _m (ppm)
D-1	9.09	3.92	1/100	0.61	0
D-2	9.09	3.88	1/100	0.61	3130

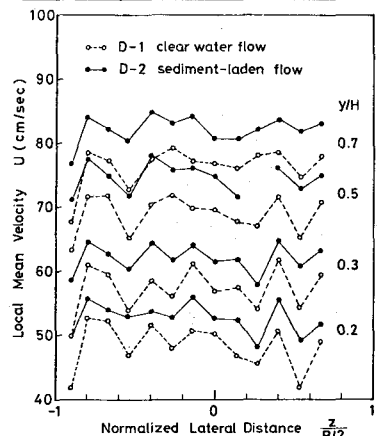


図-1

近傍ほど濃度変動が大きく、水面に近づくとともに変動が小さくなるような分布性状を示すこともうかがえる。

以上の計測結果を基に、速度と濃度との関係を検討すると次のようになる。図-3は、先に示した横断方向の速度分布と濃度分布とを併示したもので、図においては濃度および速度はそれぞれの相対水深における平均値で除し、比の形で表わされている。図より、速度および濃度とも横断方向に波状の分布を示すことがいずれの相対水深においても認められるとともに、その波長が速度および濃度ともほとんど一致するような傾向を表わしている。すなわち、高速度部と低濃度部および低速度部と高濃度部とがほとんど一致する分布状況を呈しており、2次流と浮遊砂濃度分布とは強い対応関係のあることが理解される。

しかし、これはあくまでも十分発達した乱流場における2次流と浮遊砂濃度との対応をみたものであり、濃度分布が2次流に影響を及ぼすのか、それとも2次流が濃度分布に影響を及ぼすのかという発生発達機構に立入った検討を行うことは今のところできない。また、本来、2次流および濃度は安定したものではなく、空間的にふらついたものであって、本計測結果はその平均的な特性を評価したものになっている。したがって、評価時間の問題が提起されることになるが、本実験においては、速度および濃度とも評価時間を30秒にしており、この程度の評価時間であれば平均的な特性が十分抽出されているものと考えられる。

3. おわりに

2次流および浮遊の共通成因が乱れであるという認識に立まば、浮遊砂および2次流の分布には相互に強い関係があるものと考えられるが、その詳細な関係については未だ不明である。本報告は、2次流と浮遊砂濃度とは相関があるのか、あるとすればどのような相関なのかという基礎的な検討を行ったものであり、今後、発生発達機構にまで立入った詳細な検討を行ってゆく予定である。

参考文献

- 1) 芦田和男, 道上正規: 浮遊砂に関する研究(1), 京大防災研究所年報第13号B, 1970.

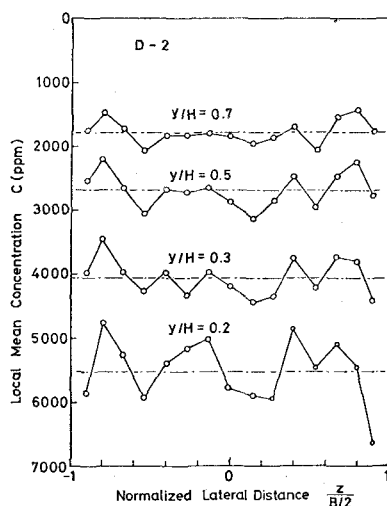


図-2

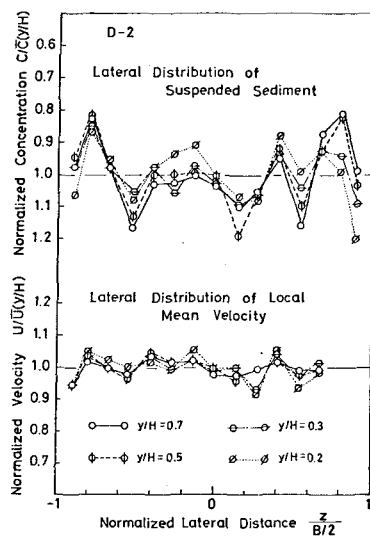


図-3